

УДК 623.592:623.618:358.4

В.Г. Чернов

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНОК ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕССЕ ТРЕНАЖНОЙ ПОДГОТОВКИ

В данной статье предложен метод формализации правил оценивания деятельности офицера боевого управления автоматизированного командного пункта (оператора) в процессе тренажной подготовки. Данный метод позволяет оценить действия оператора (радиообмен, пультовые операции, логические действия, время выполнения операций и т.п.). Кроме того, данный метод позволяет получать интегральную оценку эффективности деятельности операторов на основе статистических данных накапливаемых в ходе тренажной подготовки.

Ключевые слова: офицер боевого управления, тренажёрный комплекс, автоматизированная система контроля операторской деятельности, формализованные правила оценивания, интегральная оценка, оператор.

Введение

Постановка проблемы. При автоматизированном управлении динамическими объектами (ДО) на первый план выходит проблема формирования необходимого уровня профессиональной подготовки офицеров боевого управления автоматизированного командного пункта (ОБУ АКП), далее операторов. Наиболее эффективным средством профессиональной подготовки операторов являются тренажеры, обеспечивающие искусственное воспроизведение условий и факторов, которые имеют место в процессе его деятельности.

В целях повышения эффективности обучения при подготовке операторов на тренажерах предусматривается постоянный контроль действий обучаемых при решении ими поставленных задач. Контроль и оценка операторской деятельности позволяет реализовать обратную связь, давая возможность оценивать степень достижения поставленных целей, корректировать программу индивидуального обучения, определять степень готовности оператора к практической работе с реальными ДО [1].

Однако в настоящее время при проведении тренажной подготовки процесс контроля операторской деятельности осуществляется инструктором на базе средств пульта контроля и управления на всех этапах тренировки. Обычно оценка действий операторов производится частично в процессе тренировки; частично – после ее завершения на основе апостериорного анализа зафиксированных в процессе тренировки показателей. В зависимости от характера решаемых задач в процессе тренажной подготовки глубина и масштабы проведения контроля, правильности и эффективности действий операторов могут быть различными.

Поэтому, актуальным является направление исследований связанное с разработкой интеллектуальной системы контроля действий операторов при построении тренажерных комплексов позволяющая

интегрально оценивать различные показатели качества деятельности операторов.

Анализ литературы. В работе [2] рассматривалась методика сопоставления количественно-качественных показателей автоматизированного управления уровнем готовности авиадиспетчеров. В которой представлены результаты экспериментальных исследований по сопоставлению влияния качественной характеристики сложности упражнения на количественные значения изменения уровня готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях. Также приведены функции принадлежности термов лингвистических переменных «сложность упражнения» для эталонных моделей авиадиспетчеров.

Проблеме повышения качества профессиональной подготовки авиадиспетчеров за счет реализации индивидуального подхода к обучению с использованием процедурных тренажеров уделено внимание в работах [3 – 5], где исследовались вопросы разработки независимых автоматизированных средств регистрации, анализа и оценки действий авиадиспетчеров и применение их на тренажерах управления воздушным движением (УВД).

Однако проблема усовершенствования профессиональной подготовки ОБУ АКП, в том числе с использованием тренажеров, тренажерных комплексов для формирования умений и навыков в сложной обстановке остается недостаточно исследована. Недостаточно рассмотрены вопросы проектирования и разработки перспективных тренажерных систем для профессиональной подготовки ОБУ АКП, которые позволят не только формировать навыки и умения в автоматизированном управлении ДО, но и способны анализировать, контролировать и оценивать их действия, задавать различные уровни сложности упражнений и варьировать их содержание.

Цель статьи. Представление формализованных правил оценивания операторской деятельности в процессе тренажной подготовки.

Основная часть

При организации и проведении тренажной подготовки необходимо учитывать начальный, промежуточный и итоговый уровень подготовки операторов. Для этого в составе тренажерных комплексов должна создаваться автоматизированная система контроля операторской деятельности. Контроль операторской деятельности имеет своей целью, во-первых, производить оценку действий операторов относительно требований к выполняемым заданиям, во-вторых, обеспечивать выявление причин неправильных действий операторов или действий, которые могут быть следствием недостаточного обучения и, в-третьих, определения степени их подготовленности к работе в реальных условиях [1].

Чем глубже осуществляется на тренажере анализ результатов действий операторов и чем более осмыслено выполняются ими поставленные задачи, тем успешнее развиваются их способности грамотно выполнять функциональные обязанности. Эта задача эффективно решается путем оптимизации процесса обучения на основе количественного анализа функционирования системы тренажер-оператор и параметров, фиксируемых в процессе проведения тренировок.

Процесс проведения тренажной подготовки предусматривает отработку оператором различного типа задач его деятельности (формализованных и неформализованных). Для интегрального оценивания деятельности оператора необходимо формализовать процесс оценивания этих задач и разработать методику оценивания деятельности оператора.

Для получения полной интегральной оценки учитываются все показатели качества деятельности операторов. В работе оцениваются прямые показатели деятельности: время реакции, адекватность и общее время решения задачи по устранению результатов ошибочных действий [5].

Рассмотренные показатели качества деятельности операторов могут дать одну или несколько разнотипных оценок каждого оператора. Иногда этого недостаточно. Необходимо дать интегральную оценку качества деятельности операторов как совокупности всех показателей качества обучения и подготовки в ходе проведения тренажной подготовки. Такая интегральная оценка может быть определена, как «эффективность деятельности оператора».

Возможным путем для принятия решений по оценке деятельности оператора в этом случае является использование теории нечетких множеств. Она позволяет формализовать процесс учета различных видов неопределенности [6, 7]

В процессе текущего и завершающего автоматизированного контроля знаний (рис. 1), используются задачи; их правила (алгоритмы) ответов (решения); непосредственно сами ответы (решения); в большинстве случаев, оценки за выполнения задач;

нормативы выполнения задач и рекомендации по интерпретации результатов [3].

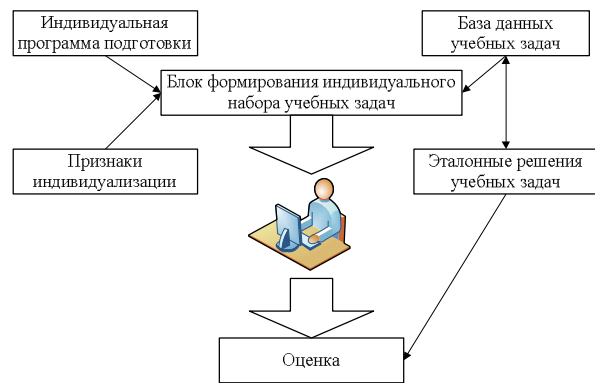


Рис. 1. Общая структура системы автоматизированного контроля деятельности оператора

Рассмотрим методику получения персональных оценок деятельности оператора, сущность которой состоит в следующем.

При определении рационального количества учебных задач сначала устанавливаются количество наиболее важных классификационных признаков, характеризующих сложность данной операторской деятельности. К числу таких признаков относятся:

- структуру информационной модели;
- условия восприятия и переработки входной информации (например, мешающие воздействия, на фоне которых производится идентификация полезных сигналов);
- вид принимаемого решения;
- тип исполнительного действия оператора и др.

Далее определяется требуемое число градаций каждого признака.

Тогда количество учебных задач (N_y) вычисляется по формуле:

$$N_y = \prod_{j=1}^n C_j, \quad (1)$$

где n – количество классификационных признаков;

C_j – число градаций j -го классификационного признака.

В целом, количество учебных задач должно быть таким, что бы операторы, прошедшие комплексную подготовку, не испытывали трудности в выполнении рабочих функций.

Для установления последовательности отработки разнотипных учебных задач необходимо определить их сложность.

В общем случае сложность задачи может определяться через сложность алгоритма ее выполнения по формуле [8]:

$$\gamma_j = \gamma_{0j} A_t \frac{A_L}{A_Z}, \quad (2)$$

где γ_{0j} – коэффициент пропорциональности;

A_t – показатель темповой напряженности деятельности;

A_L – показатель логической сложности алгоритма учебной задачи;

A_z – показатель стереотипности алгоритма учебной задачи.

Последовательность отработки разнотипных задач устанавливаются в соответствии с возрастанием значений показателя сложности:

$$\gamma_{j1} < \gamma_{j2} < \dots < \gamma_{jn} \quad (3)$$

При отработке однотипных задач формирование навыков по одной из них оказывает влияние на совершенствование навыков выполнения других. Поэтому при определении последовательности их отработки, наряду со сложностью, необходимо учитывать возможность максимального положительного переноса навыков для сокращения сроков подготовки.

Количественно меру совпадения элементарных операций в учебных задачах, характеризующую перенос навыков, можно вычислить с помощью показателя K_j однотипности j -ой задачи по формуле:

$$K_j = \frac{\sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj}}{\left(\sum_{m=1}^q Z_{ij} S_{ij} + \sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj} \right)}, \quad (4)$$

где q (n) – число совпадающих (несовпадающих) элементарных операций деятельности в базовой и обрабатываемой задаче;

m (i) – номер совпадающих (несовпадающих) операций в j -й задаче;

S_{mj} (S_{ij}) – коэффициент веса совпадающей (несовпадающей) операции;

Z_{mj} (Z_{ij}) – коэффициент совпадения (несовпадения) операции.

Коэффициент веса совпадающей (несовпадающей)

операции (S_{ij}) определяют методом экспертных оценок. Коэффициент совпадения (несовпадения) операции определяют следующим образом:

$Z_{mj}=1, Z_{ij}=0$, если операции совпадают полностью;

$Z_{mj}=Z_{ij}=0,5$, если операции совпадают частично;

$Z_{mj}=0, Z_{ij}=1$, если операции не совпадают.

Для определения последовательности отработки задач с учетом их однотипности (переноса навыков) следует рассчитать коэффициент K_j для каждой из однотипных задач и расположить их по убывающим значениям. Составленный таким образом ряд соответствует искомой последовательности.

Для использования полученной оценки совпадения элементарных операций в общей оценке деятельности оператора необходимо провести фазсификацию полученной оценки.

Правило вывода (конкретизация значения) оценки алгоритмического совпадения Γ_j формализовано методом нечеткой логики. Базовое терм-множество Γ_j составляют термы: Неудовлетворительно, Удовлетворительно, Хорошо. Область рассуждений $X = [0; 100]$ [%]. Функции принадлежности $\mu(x)$ для каждого терма заданы в виде трапеции [9]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (5)$$

На рис. 2 приведено графическое отображение Γ_j (совокупность $\mu(x)$ для каждого терма представлена на одном графике).

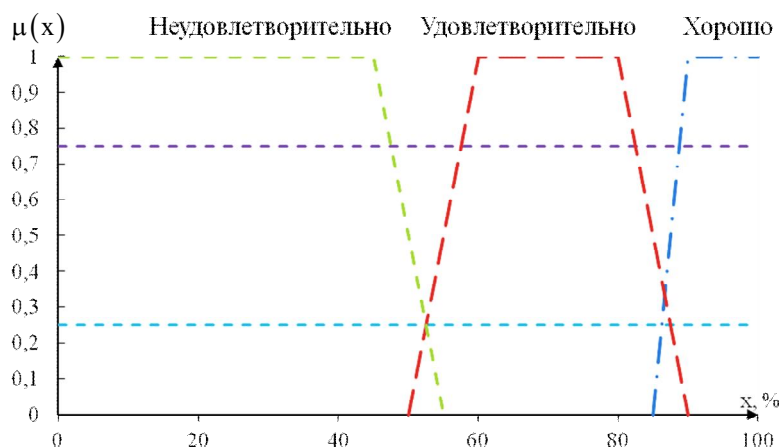


Рис. 2. Графическое отображение лингвистической переменной Γ_j

Время отработки учебной задачи устанавливается экспериментальным путем. Для этого по каждой специальности выделяется контрольная группа из 10 операторов, прошедших психологический отбор.

Отработка задачи операторами подконтрольной

группы может проводиться либо до достижения каждым из них заданного уровня подготовки ($Q_{зад}$), либо до получения надежных данных о ходе подготовки, позволяющих определить параметры математической модели обучаемости – $t_0, Q_0, Q_{пр}$, [8].

Время достижения i -м оператором заданного уровня подготовки по j -ой задаче t_{ij} вычисляются по формуле:

$$t_{ij} = t_{0ij} \ln \left(\frac{Q_{npj} - Q_{0ij}}{Q_{npi} - Q_{заді}} \right), \quad (6)$$

где t_{0ij} – коэффициент, характеризующий способности i -го оператора к обучению j -ой задаче (в единицах времени);

Q_{np} , Q_{0ij} – соответственно предельное и исходное (в начале обучения) значения показателя качества работы оператора.

Время индивидуальной и коллективной подготовки зависит от специфических особенностей деятельности операторов (боевых расчетов) конкретного образца комплекса средств автоматизации (КСА).

При необходимости проведения тестирования разработка единой методологии оценки знаний в автоматизированной системе базируется на классификации вопросов в зависимости от вариантов ответов. Как образец, можно использовать варианты вопросов с возможными ответами, предложенными в работе [4], типа:

- «да – нет»;
- «один из нескольких»;
- «несколько из многих»;
- «число»;
- «интервал»;
- «нечеткий интервал»;
- «слово»;
- «одно или несколько предложений».

После чего происходит приведение оценок по контрольным вопросам различной природы к единой шкале.

Очевидно, что ответы на вопрос типа «да – нет» оцениваются по шкале $\{0,1\}$. Оценка ответа на вопрос других типов тоже должна принадлежать отрезку $[0,1]$, при этом абсолютно правильный ответ имеет оценку «1», а неправильный – «0». Для вопросов типа «один из нескольких» – за единственно правильный ответ оценка «1», за неправильные – «0». Рассмотрим вопрос типа «несколько из многих». Для верного оценивания каждому правильному ответу определяется балл так, чтобы сумма всех баллов равнялась единице. Каждый балл определяется исходя из правильности и важности ответа.

Для адекватной оценки ответов-чисел, преподаватель должен задать вероятное значение результата m и среднее квадратичное отклонение σ в случае симметричного распределения возможного результата или m и σ_1 и σ_2 , если распределение асимметрично. Тогда интегральный балл за ответ рассчитывается по следующим выражениям:

$$P = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{m-x_0}^{m+x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \right) / 0,9973, \quad (7)$$

если $p \in (-3\sigma, 3\sigma)$ и $p = 0$ в противном случае.

Рассмотрим следующую разновидность ответов – в виде интервалов. Если обучаемый представляет ответ в виде интервала (α, β) , а эталонный ответ (a, b) , то балл за ответ определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} p &= 0, \text{ если } (\beta \leq a) \vee (\alpha \geq b); \\ p &= 1, \text{ если } (\alpha \leq a) \wedge (\beta \leq b); \\ p &= \frac{b-\alpha}{b-a}, \text{ если } (a < \alpha) \wedge (\beta > b); \\ p &= \frac{\beta-a}{b-a}, \text{ если } \alpha < a < \beta < b. \end{aligned} \quad (8)$$

Одной из наиболее важной является оценка за время выполнения операций. Обозначим данный показатель – «временем квитиования» Q_t .

Заданы: вид функций принадлежности (ФП) термов, порог принадлежности (Π) значений ФП для принятия решения о значении лингвистической переменной (ЛП), область значений ЛП (аргументов ФП).

1. Формируется таблица соответствия между значением оцениваемого параметра и его лингвистическим термом (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение значений параметров и лингвистических термов

Терм	Неуд.	Уд.	Хор.
Границы t_k , сек	$t_k > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < t_k \leq \Gamma_2$	$t_k < \Gamma_1$

Пороги задаются методом экспертных оценок либо с использованием данных полученных на контрольных группах:

$$\Gamma_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} \varepsilon_{ij} / \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}, \quad (9)$$

где $i \in [1, m]$; $j = 1, 2$; m – число экспертов; ε_{ij} – значение j -го порога, задаваемое i -м экспертом; α_{ij} – весовой коэффициент, отображающий степень доверия i -му эксперту.

2. Определяется процент квитиования, соответствующих каждому терму (табл. 2).

Таблица 2

Пример распределения квитиования по термам

Оценка	Неуд.	Уд.	Хор.
% квитиования	5	6	89

3. Получение значений функций принадлежности. Правило вывода (конкретизация значения) лингвистической переменной O_t формализовано методом нечеткой логики. Базовое терм-множество O_t составляют термы: Неудовлетворительно, Удовлетворительно, Хорошо. Область рассуждений $X = [0; 100]$ [%].

Функции принадлежности $\mu(x)$ для каждого терма заданы в виде трапеции:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - (b-x)/(b-a), & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (10)$$

На рис. 3 приведено графическое отображение ЛП O_t (совокупность $\mu(x)$ для каждого термина представлена на одном графике).

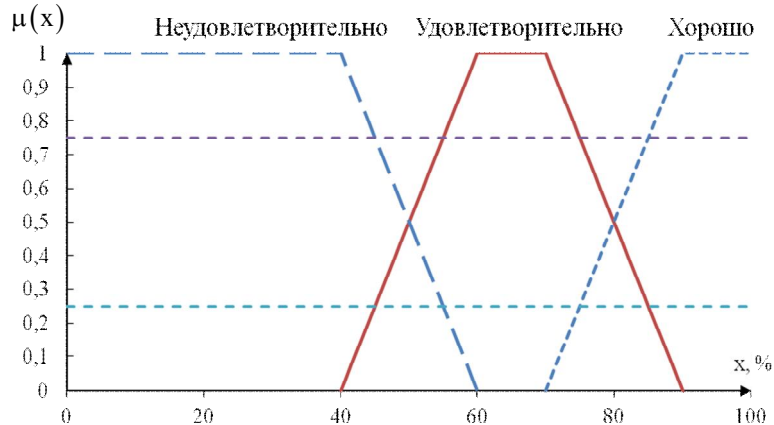


Рис. 3. Графическое отображение лингвистической переменной O_t

4. Определение значения O_t по совокупности правил.

Правило 1. Определяется терм, степень принадлежности к которому максимальна

$$\mu_i(x) = \max(i).$$

В нашем случае – это терм «Хорошо».

Правило 2. Задается условие: если для некоторого i и x $\mu_i(x) < K$, где K – заданный порог степени принадлежности, то ЛП O_t равна терму, степень принадлежности которого максимальна из оставшихся двух $O_t \leftarrow \max(j \neq i) \mu_j(x)$. Иначе O_t равна терму, степень принадлежности которого $\mu_j(x) \geq K$ и максимальна.

Таким образом, объединение двух формализованных схем построения логической схемы задач и приведения к единой шкале всего множества ответов – даёт возможность эффективного проектирования и создания автоматизированных систем контроля знаний в системах тренажа.

Любая автоматизированная система контроля знаний является эффективной лишь тогда, когда она способна адаптивно реагировать на каждого обучаемого в ходе проведения тестирования.

Такая адаптация должна предусматривать самоорганизацию, как структуры логической схемы задач, так и наполнение информационной базы.

Эффект, который будет, достигнут в результате этих процедур, обеспечит оптимальную работу обучаемого и обучающего над оцениванием знаний.

Принятие решения демонстрирует следующий пример. Для $x = 85\%$:

$\mu_1(x) = 0$ – степень принадлежности терму «Неудовлетворительно»,

$\mu_2(x) = 0,25$ – степень принадлежности терму «Удовлетворительно»,

$\mu_3(x) = 0,75$ – степень принадлежности терму «Хорошо».

Решение выглядит так: $X(0,75)$, $Y(0,25)$, $H(0)$.

Выводы

Предложенный метод формализации правил оценивания деятельности оператора в процессе тренажной подготовки позволяет оценить действия оператора (радиообмен, пультовые операции, логические действия, время выполнения операций и т.п.).

Кроме того метод позволяет получать интегральную оценку эффективности деятельности операторов на основе не только получения её от экспертов, но и извлечения оценки из имеющейся количественной информации, полученной путём обработки статистических данных тестирования и в процессе обучения.

Список литературы

1. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разраб. и опыт эксплуатации / [В.Е. Шукинунов, В.В. Циблиев, С.И. Потоцкий и др.]; под ред. В.Е. Шукинунова. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с.
2. Чинченко Ю.В. Методика сопоставления количественно-качественных показателей автоматизированного управления уровнем готовности авиадиспетчеров / Ю.В. Чинченко // Искусственный интеллект. – 2004. – №4. – С. 471-475.
3. Паленный А.С. Разработка алгоритма автоматизированной оценки действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / А.С. Паленный; за ред. Р.М. Макарова // Наукові праці академії. – Кіровоград: ДЛАУ. – 2006. – Вип. XI. – С. 118-130.
4. Паленный А.С. Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / А.С. Паленный; за ред. Р.М. Макарова. // Наукові праці академії. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – Вип. XII. – С. 311-324.

5. Неделько С.Н. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / С.Н. Неделько, В.А. Григорьевский, А.С. Паленный; за ред. Р. М. Макарова // Наукові праці академії. – Кіровоград: ДЛАУ, 2005. – Вип. IX. – С. 387-400.

6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде, под ред. Н.Н. Моисеева, С.А. Орловского; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

7. Заде Л. Человеко-центрический подход в информатизации. [Текст] / Л. Заде // Тез. докл. VI-Междун. форум по информатизации МФИ-97, VI- Конгресс "Общественное развитие и общественная информация". – М., 21 – 24 нояб. 1997. – С. 67-70.

8. Мунипов В.М. Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды [Текст] / В.М.Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2000. – 210 с.

9. Бояркин М.А. Оценка результатов деятельности оператора-технолога нефтегазопро-мысла по данным архива SCADA-системы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01. – Тюмень: ТГНУ, 2007. – 101 с.

Поступила в редколлегию 4.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, ст. научн. сотр. Г.А. Кучук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРАВИЛ ОТРИМАННЯ ОЦІНОК ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕСІ ТРЕНАЖНОЇ ПІДГОТОВКИ

В.Г. Чернов

У даній статті запропонований метод формалізації правил оцінювання діяльності офіцера бойового управління автоматизованого командного пункту (оператора) в процесі тренажної підготовки. Даний метод дозволяє оцінити дії оператора (радіообмін, пультові операції, логічні дії, час виконання операцій і тому подібне). Крім того, даний метод дозволяє отримувати інтегральну оцінку ефективності діяльності операторів на основі статистичних даних накопичуваних в ході тренажної підготовки.

Ключові слова: офіцер бойового управління, тренажерний комплекс, автоматизована система контролю операторської діяльності, формалізовані правила оцінювання, інтегральна оцінка, оператор.

FORMALIZATION OF RULES OF RECEIPT OF ESTIMATIONS OF ACTIVITY OF OPERATOR IN THE PROCESS OF TRAINER PREPARATION

V.G. Chernov

In this article the method of formalization of rules of evaluation of activity of officer of battle management of the automated command post (operator) is offered in the process of trainer preparation. This method allows to estimate the actions of operator (radioexchange, stand operations, logical actions, time of implementation of operations etc.). In addition, this method allows to get the integral estimation of efficiency of activity of operators on the basis of statistical information accumulated during trainer preparation.

Keywords: officer of battle management, trainer complex, automated checking of operator activity system, formalization rules of evaluation, integral estimation, operator.